

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-208255

(43)Date of publication of application : 12.08.1997

(51)Int.Cl.

C03C 4/08
C03C 3/07
C03C 3/102
G21F 1/06

(21)Application number : 08-022390

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.02.1996

(72)Inventor : KIDO KAZUHIRO
UEDA MOTOI

(54) RADIATION SHIELDING GLASS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain radiation shielding glass maintaining high ability to shield electromagnetic waves such as X- and γ -rays and charged particles such as α - and β -rays and further shielding neutrons.

SOLUTION: This radiation shielding glass contains, by weight, at least 16-46% SiO₂, 47-75% PbO, 1-10% Gd₂O₃, 0-3% Li₂O, 0-7% Na₂O, 0-7% K₂O ($1\% \leq \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \leq 10\%$), 0-10% B₂O₃, 0-3% CeO₂, 0-1% As₂O₃ and 0-1% Sb₂O₃.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]at least -- a weight ratio (henceforth, wt%) -- SiO₂ 16 - 46 wt%PbO 47 - 75 wt%Gd₂O₃ 1 - 10 wt%Li₂O 0 - 3 wt%Na₂O 0 - 7 wt%K₂O 0 - 7 wt% -- however, Contain Li₂O+Na₂O+K₂O 1-10 wt%B₂O₃ 0 - 10 wt%CeO₂ 0 - 3 wt%As₂O₃ 0 - 1 wt%Sb₂O₃ 0 - 1 wt%, and Electromagnetic waves, Radiation shielding glass covering a charged particle and a neutron.

[Claim 2]Radiation shielding glass containing 6-Li by which said Li was enriched isotopically, containing 10-B by which said B was enriched isotopically, containing 155-Gd and 157-Gd by which said Gd was enriched isotopically, and covering electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention consists of basic composition of a SiO_2 - PbO - Gd_2O_3 -alkali metal oxide, and relates to the radiation shielding glass which covers a charged particle and neutrons, such as electromagnetic waves, such as X-rays and a gamma ray, alpha rays, and a beta ray.

[0002]

[Description of the Prior Art]Now, in nuclear physics and the related field of atomic energy, a human body and apparatus are protected from a harmful ionizing radiation, and in order to observe the hot side in which radiation exists, generally the charge of a radiation shielding material with translucency is used. It is put in practical use by already knowing that electromagnetic waves and the glass which contains a lot of lead in cover of a charged particle are effective, and resin or boron content glass is especially effective in order to cover a neutron.

[0003]Although resin, such as an acrylic, is dramatically effective as a transparent neutron shielding material, what is generally satisfied about an optical property, mechanical properties, or endurance is not obtained. For example, transmissivity is [that it is easy to attach the crack of what is the outstanding neutron shielding material] also inferior in the acrylic resin as compared with glass. It is a problem which coloring by radiation cannot avoid in the bottom of a high radiation environment, and the user is comparatively obliged to exchange in a short period of time. As neutron cover glass excellent in the transparency with which it is satisfied of these character, To JP,7-138044,A, SiO_2 in weight % 55 to 70%, The transparent neutron cover glass consisting of glass which contains Li_2O for aluminum $_2\text{O}_3$ 3 to 15%, and contains 5 to 15% and $\text{CaO}+\text{MgO}$ for B_2O_3 1 to 4% 10 to 20% is shown.

[0004]As lead content radiation shielding glass, the neutron beam which was not fully able to be covered with conventional high lead content glass is also covered simultaneously, and various researches are made for the purpose of preventing coloring by radiation irradiation, and the result is shown. To JP,2-212331,A, SiO_2 in weight % For example, 40 to 60%, Na_2O 1.5 to 2% for CeO_2 25 to 45% 4.5 to 12%, [PbO] In K_2O , 2 to 9%, 0 to 5%, BaO is contained 0 to 10% and the radiation shielding glass whose $\text{Na}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ consists of 0.5-0.8 is shown [/ B_2O_3]. To JP,5-30776,B, SiO_2 in weight % 35 to 56%, Na_2O 0 to 2.5% for Li_2O 24 to 46% 0 to 4%, [PbO] 0 to 5%, however $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{Cs}_2\text{O})$ Cs_2O 7 to 21% for K_2O 12 to 21%, In the textile glass yarn of 0 to 0.05% content [CeO_2 / 0.5 to 2.5%, and CuO] of 0 to 0.05%, and Fe_2O_3 . This textile glass yarn does not contain MgO , CaO , SrO , BaO , ZnO , and CdO . And on condition that SiO_2 is contained at least 35%, it comes to be replaced by B_2O_3 and Gd_2O_3 . The radiation shield glass which absorbs a gamma ray, X-rays, and a neutron beam, wherein the maximum permissible dose of the discharge-proof nature by high (energy) radiation exceeds 5×10^8 (rad) is shown.

[0005]

[Problem to be solved by the invention]However, in order that the aforementioned lead content radiation shielding glass may obtain the target character, the content of PbO is pressed down comparatively low, and as compared with the radiation shielding glass which carries out content of still a lot of conventional PbO(s), the shielding power over the electromagnetic wave and a charged particle is inferior.

[0006]Since the content of PbO is stopped low, the aforementioned transparent neutron cover glass has the low capability to carry out the self-absorption of the secondary gamma ray produced when a neutron is absorbed by Li_2O , B_2O_3 , Gd_2O_3 , etc. For this reason, there is a problem of emitting a secondary gamma ray out of a shielding material. This phenomenon is still more remarkable when a neutron shielding material is resin.

[0007]Therefore, there is no material having the shielding power which the transparent charge of a radiation shielding material currently used for the general present satisfies to all the radiation of electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron, and in order to perform cover under the environment where electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron live together, it is necessary to combine two or more materials. This invention is made in view of many problems of such conventional radiation shielding glass, and the purpose of this invention, it is providing the radiation shielding glass are further alike and covering a neutron, maintaining the high shielding power over charged particles, such as electromagnetic waves, such as X-rays and a gamma ray, and alpha rays, and a beta ray.

[0008]

[Means for solving problem]As a result of repeating research wholeheartedly to achieve the above objects, this invention person SiO_2 . The glass composition which uses PbO, Gd_2O_3 , and an alkali metal oxide as an essential ingredient, [in a predetermined composition range], shielding power over desired electromagnetic waves, charged particle, and neutron can be realized, and it finds out that the quality glass which can be used for the optical instrument which needs cover of radiation also as optical glass is obtained easily, and came to accomplish this invention. Namely, this invention is a weight ratio (henceforth, wt%) at least, SiO_2 16 – 46 wt% PbO 47 – 75 wt% Gd_2O_3 1 – 10 wt% Li_2O 0 – 3 wt% Na_2O 0 – 7 wt% K_2O 0 – 7 wt% -- however, $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 1–10 wt% B_2O_3 0 – 10 wt% CeO_2 0 – 3 wt% As_2O_3 0 – 1 wt% Sb_2O_3 0 – 1 wt% is contained, The radiation shielding glass covering electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron is provided.

[0009]

[Mode for carrying out the invention]When electromagnetic waves and a charged particle have an interaction with an element with the high density of electric charge, there is the characteristic of releasing and decreasing energy. Therefore, in order to cover electromagnetic waves and a charged particle, it is necessary to make an element with the high density of electric charge contain in glass. For example, Pb is mentioned. A point that a neutron differs from other radiation most is a point without an electric charge. An interaction of a neutron and a substance does not have a coulomb ionization interaction which is a factor of an interaction of electromagnetic waves and a charged particle, and a substance, and its direct interaction with a nucleus is dominant. For this reason, a neutron tends to penetrate a substance and a fundamental view of interception also differs from other radiation.

[0010]Therefore, in order to cover a neutron, it is necessary to make an interaction by reactions, such as elastic scattering of a neutron and a nucleus in glass, inelastic scattering, and radiative capture, cause. For that purpose, an element with high probability of dispersion and an element with a big reaction cross section (for example, H, 6-Li, 10-B, 155-Gd, 157-Gd) must be made to contain in glass.

[0011]In order to obtain a transparent material which covers efficiently all electromagnetic waves, the charged

particles, and neutrons from these things, It is required to find out a presentation which contains an element effective in each radiation kind of cover at a high rate, and does not lose a special feature of glass, such as transparency, chemical stability, a mechanical strength, endurance, and mass production nature. A composition range of this invention is found out in experimental science, and the Reason for composition range limitation is as follows.

[0012]Although SiO_2 is a glass forming oxide, and raises stability to devitrification and the chemical durability of glass is made to improve, effect sufficient less than [16wt%] is not acquired, but if 46wt% is exceeded, it will become easy to produce non-****, and melting temperature is raised, and content of an ingredient used for radiation shielding becomes small. Although PbO enlarges specific gravity of glass and raises shielding power over electromagnetic waves and a charged particle, less than [47wt%] is not enough as the effect, and if 75wt% is exceeded, coloring remarkable on glass will be seen.

[0013]Although it is an ingredient which Gd_2O_3 is [ingredient] an essential ingredient in this invention, raises the chemical durability of glass, and absorbs a thermal neutron efficiently, less than [1wt%] is not enough as the effect, and if 10wt% is exceeded, stability to devitrification of glass will get worse. In order to absorb a thermal neutron more efficiently, it is desirable that it is 155-Gd and 157-Gd by which a part of Gd was enriched isotopically.

[0014] Li_2O raises the melting nature of glass, and although it is an ingredient which absorbs a thermal neutron and a fast neutron efficiently, if 3wt% is exceeded, the chemical durability of glass and stability to devitrification will get worse. In order to absorb a thermal neutron and a fast neutron more efficiently, it is desirable that it is 6-Li by which a part of Li was enriched isotopically. Although Na_2O and K_2O raise the melting nature of glass, and stability to devitrification, if 7wt% is exceeded, stability to devitrification of glass will get worse conversely, and chemical durability will also be worsened.

[0015]However, as the total quantity of Li_2O , Na_2O , and K_2O , stability and melting nature to devitrification of glass are bad, and less than [1wt%], if 10.0wt% is exceeded, chemical durability and stability to devitrification will get worse. B_2O_3 raises the melting nature of glass, and stability to devitrification, and although it is an ingredient which absorbs a thermal neutron efficiently, if 10wt% is exceeded, chemical durability will get worse. In order to absorb a thermal neutron more efficiently, it is desirable that it is 10-B by which a part of B was enriched isotopically.

[0016]Although CeO_2 is an ingredient which reduces coloring of glass by radiation irradiation, effect sufficient with an addition not more than 3wt% can be acquired. Although As_2O_3 and Sb_2O_3 are ingredients added in order to remove a bubble in glass, they can acquire effect sufficient with an addition not more than 1wt%.

[0017]

[Working example]Next, an example of an enforcement presentation concerning this invention (a numerical value is wt%), specific gravity, and radiation shielding capability are shown in Table 1.

[0018]

[Table 1]

	従来品 1	従来品 2	従来品 3	1	2	3	4	5	6
S i O ₂	27.10	68.70	44.85	43.00	39.70	34.45	26.49	26.14	16.08
P b O	71.00	0.00	33.05	47.00	47.00	52.58	66.23	68.73	71.15
G d ₂ O ₃	0.00	0.00	2.00	1.00	1.20	9.07	5.68	2.90	1.95
L i ₂ O	0.00	0.00	0.30	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N a ₂ O	0.00	8.70	0.00	0.00	6.20	0.91	0.00	0.00	1.75
K ₂ O	1.50	8.10	17.80	6.50	2.50	2.27	1.61	1.45	0.00
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	1.50	16.80	0.00	9.00	8.70	3.17	1.61	1.45	1.75
B ₂ O ₃	0.00	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.09
C e O ₂	0.00	2.50	1.80	0.00	3.00	0.73	0.00	0.00	0.00
A s ₂ O ₃	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00
S b ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.97
比重	5.18	2.52	3.33	3.72	3.85	4.50	5.37	5.58	5.49
中性子遮蔽能力	2	8	4	5	5	9	6	4	7
光子遮蔽能力	9	2	4	5	6	7	8	10	9

[0019] The specific gravity of glass measures by the Archimedes method, and radiation shielding capability, Based on the result of the dose equivalent rate of the neutron calculated using calculation code ANISN-JR described later, and a photon (electromagnetic waves), the class division of the shielding power is carried out relatively 1-10, and high shielding power is shown as a large value. The oxide which carries out considerable [of the glass concerning this invention] respectively as a raw material of each ingredient of sample NO.1 - 6, Carbonate, a nitrate, etc. were used and weighing was carried out to the desired rate, and it fully mixed with powder, and accomplished with the preparation raw material, this was supplied to the platinum crucible in the electric furnace heated by 900-1300 **, and it cast, cooled slowly and manufactured to the iron molds which carried out stirring uniformity and were beforehand heated after melting clear.

[0020]In order to compare with the glass concerning this invention, conventional transparent radiation shielding glass was used. The elegance 1 is radiation shielding glass aiming at covering the electromagnetic waves having contained a lot of PbO(s) and a charged particle conventionally.

Conventionally, the elegance 2 is radiation shielding glass aiming at cover of a neutron, and the elegance 3 is radiation shielding glass aiming at covering electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron simultaneously.

[0021]About radiation shielding capability, the specific environmental condition in which a neutron and a photon (electromagnetic waves) exist, respectively was assumed, and the dose equivalent rate of the radiation at the time of installing the glass of the elegance 1-3 sample NO.1-6 and conventionally [30 cm-thick] (drawing 3) was calculated using calculation code ANISN-JR. The terms and conditions about calculation are as being shown below. Shielding calculation code : ANISN-JR core library of data : Using RADHEAT, [JENDL,] It edits from ENDF/B and POPOP4. Energy group number : Neutron 100 group, A photon. (Electromagnetic waves) 18 group . Line source spectrum . : The neutron 0.001 - neutron number equal to 4.00MeV : The photon (electromagnetic waves) 0.4 - photon (electromagnetism wave) number equal to 4.00MeV Dose equivalent conversion factor : U.S. Oak Ridge National Laboratory develops ANISN-JR by Publication51 of ICRP, It is the shielding calculation code which Japan Atomic Energy Research Institute revised, and is widely used for shielding designs, such as nuclear installation and equipment. RADHEAT is a library which Japan Atomic Energy Research Institute created and where it is a code for core library-of-data edit, and JENDL, ENDF/B, and POPOP4 is used widely.

[0022]The graph which showed the relation with the relative dose equivalent rate by the distance, neutron, and

photon (electromagnetic waves) from a line source which were called for by the above-mentioned calculation is shown in drawing 1 and drawing 2, respectively. A calculation result also contains a secondary photon (electromagnetic waves). The number containing the mark below the value of a vertical axis and E of 1.0E+0 is a multiplier, and is 1.0×10^0 in this case. Although drawing 1 shows the situation of attenuation of a neutron, compared with the conventional electromagnetic waves, charged particle cover glass (conventional article 1), a neutron, electromagnetic waves, and charged particle cover glass (conventional article 3), attenuation of a neutron is clearly large, namely, sample NO.1 – 6 are clear in shielding power being high. Even if compared with conventional neutron cover glass (conventional article 2), equal attenuation is shown, and as shielding power, it is enough.

[0023]On the other hand, although drawing 2 shows the situation of attenuation of a photon (electromagnetic waves), compared with conventional neutron cover glass (conventional article 2), a neutron, electromagnetic waves, and charged particle cover glass (conventional article 3), attenuation of a photon (electromagnetic waves) is clearly large, namely, sample NO.1 – 6 are clear in shielding power being high. The attenuation as for which inferiority is not compared with the conventional electromagnetic waves and charged particle cover glass (conventional article 1) is shown, and it is enough as shielding power.

[0024]Since the glass of sample NO.1 – 6 has a big shielding effect to a neutron and a photon (electromagnetic waves), in the environment where a neutron, electromagnetic waves, and a charged particle exist, it can cover radiation very efficiently. For example, if the glass concerning this invention is used when radiation needs to be reduced to the regular dose equivalent using cover glass, glass thickness can be made thinner than before. When conventional glass was used, in order to cover a neutron, electromagnetic waves, and a charged particle, it needed to use combining neutron cover glass, and electromagnetic waves and charged particle cover glass, but the necessity will also be lost if the glass concerning this invention is used.

[0025]

[Effect of the Invention]Since the glass concerning this invention can cover electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron simultaneously, it becomes possible to design and manufacture a radiation shielding window by the composition number of sheets of little glass under the environment where electromagnetic waves, a charged particle, and a neutron live together, more thinly than before. Thereby, the flexibility of a design of a radiation shielding window etc. can not only be expanded by leaps and bounds, but it can improve the performance of radiation shielding windows including a view, transmissivity, etc. Under the environment where a neutron exists actually, it is common that electromagnetic waves and a charged particle also exist simultaneously, and the glass which has the shielding power over a neutron, electromagnetic waves, and a charged particle like this example is useful. And since glass with the optical property which can fully be used as optical glass, and internal quality is obtained easily, the radiation shielding glass by this invention can be used very effective also in the optical instrument which needs to cover radiation, such as a periscope.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is the graph which showed the relation of the distance from the line source of the cover glass concerning this invention, and the relative dose equivalent rate of a neutron.

[Drawing 2]It is the graph which showed the relation of the distance from the line source of the cover glass concerning this invention, and the relative dose equivalent rate of a photon (electromagnetic waves).

[Drawing 3]It is a figure showing the ANISN computational model by the monotonous system used by this invention.

[Translation done.]

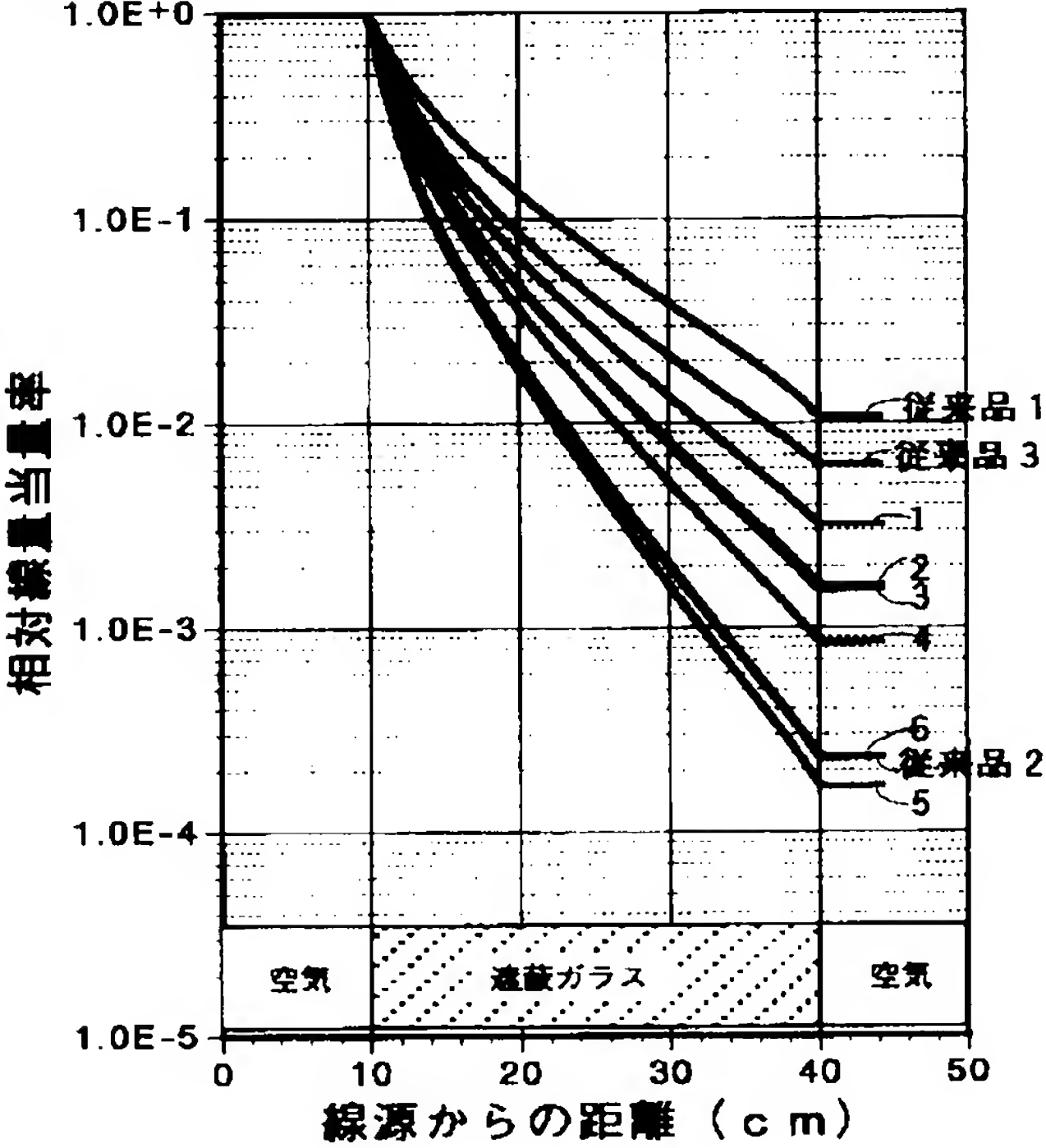
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

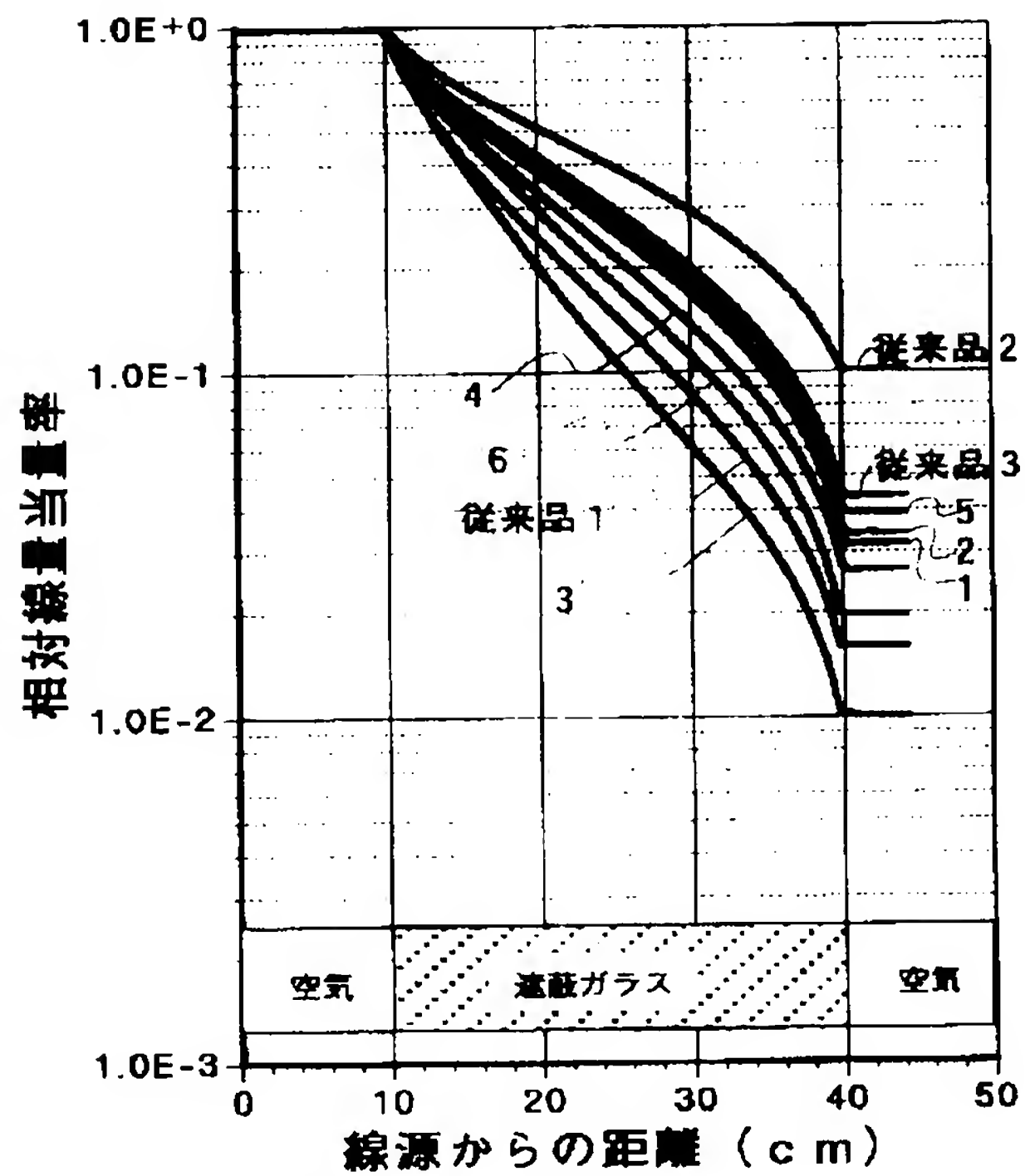
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

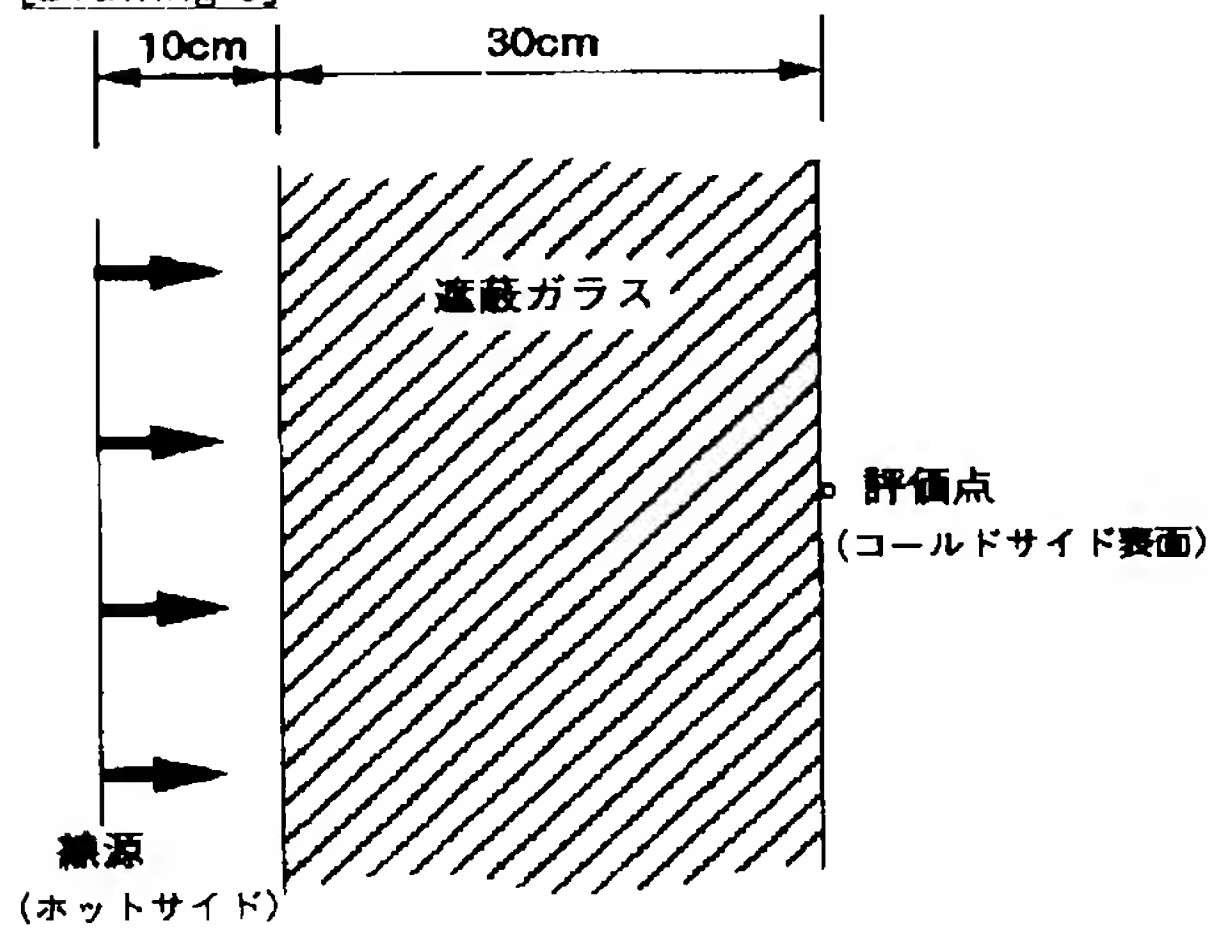
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]



Espacenet

Bibliographic data: JP 9208255 (A)

RADIATION SHIELDING GLASS

Publication date: 1997-08-12
Inventor(s): KIDO KAZUHIRO; UEDA MOTOI ±
Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK ±
Classification:
 - **International:** C03C3/07; C03C3/102; C03C4/08; G21F1/06; (IPC1-7): C03C3/07; C03C3/102; C03C4/08; G21F1/06
 - **European:** C03C3/07; C03C3/102; C03C4/08
Application number: JP19960022390 19960208
Priority number (s): JP19960022390 19960208

Abstract of JP 9208255 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain radiation shielding glass maintaining high ability to shield electromagnetic waves such as X- and γ-rays and charged particles such as α-and β-rays and further shielding neutrons.
 SOLUTION: This radiation shielding glass contains, by weight, at least 16-46% SiO₂, 47-75% PbO, 1-10% Gd₂O₃, 0-3% Li₂O, 0-7% Na₂O, 0-7% K₂O (1%≤Li₂O+Na₂O+K₂O≤10%), 0-10% B₂O₃, 0-3% CeO₂, 0-1% As₂O₃ and 0-1% Sb₂O₃.

Last updated: 26.04.2011 Worldwide Database 5.7.22; 93p

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 3 C	4/08		C 0 3 C	4/08
	3/07			3/07
	3/102			3/102
G 2 1 F	1/06		G 2 1 F	1/06

審査請求 未請求 請求項の数2 O L （全 6 頁）

(21)出願番号	特願平8－22390	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22)出願日	平成8年(1996)2月8日	(72)発明者	木戸 一博 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(72)発明者	上田 基 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 放射線遮蔽ガラス

(57)【要約】

【課題】 X線、γ線等の電磁波、及びα線、β線等の
荷電粒子に対する高い遮蔽能力を維持しつつ、さらにに＊

＊中性子を遮蔽することを特徴とする放射線遮蔽ガラスを
提供する。

【解決手段】 少なくとも、重量比（以下w t %）で、
S i O₂ 16 ～ 46 w t %、P b O 47 ～ 75 w t %、
G d₂O₃ 1 ～ 10 w t %、L i₂O 0 ～ 3 w t %、
N a₂O 0 ～ 7 w t %、K₂O 0 ～ 7 w t %、
但し、L i₂O+N a₂O+K₂O 1～10 w t %
B₂O₃ 0 ～ 10 w t %、C e O₂ 0 ～ 3 w t %、
A s₂O₃ 0 ～ 1 w t %、S b₂O₃ 0 ～ 1 w t %、
を含有し、電磁波、荷電粒子および中性子を遮蔽するこ
とを特徴とする放射線遮蔽ガラス。

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、重量比（以下wt％）で、

SiO ₂	16	～	46	wt％
PbO	47	～	75	wt％
Gd ₂ O ₃	1	～	10	wt％
Li ₂ O	0	～	3	wt％
Na ₂ O	0	～	7	wt％
K ₂ O	0	～	7	wt％
但し、Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	1～10			wt％
B ₂ O ₃	0	～	10	wt％
CeO ₂	0	～	3	wt％
As ₂ O ₃	0	～	1	wt％
Sb ₂ O ₃	0	～	1	wt％

を含有し、電磁波、荷電粒子および中性子を遮蔽することを特徴とする放射線遮蔽ガラス。

【請求項2】 前記Liが同位体濃縮された6-Liを含有し、前記Bが同位体濃縮された10-Bを含有し、前記Gdが同位体濃縮された155-Gd及び157-Gdを含有し、電磁波、荷電粒子および中性子を遮蔽することを特徴とする放射線遮蔽ガラス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、SiO₂-PbO-Gd₂O₃-アルカリ金属酸化物の基本組成からなり、X線、γ線等の電磁波、α線、β線等の荷電粒子および中性子を遮蔽する放射線遮蔽ガラスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現在、核物理学、原子力エネルギーの関連分野において、有害な電離性放射線から人体や機器を保護し、放射線の存在するホットサイドの観察を行うために透光性を持つ放射線遮蔽材料が一般に用いられている。特に、電磁波、荷電粒子の遮蔽には多量の鉛を含有するガラスが有効で、中性子を遮蔽するためには樹脂又は硼素含有ガラスが有効であることは既に知られており、実用化されている。

【0003】 透明な中性子遮蔽材料としてはアクリル等の樹脂が非常に有効であるが、一般に光学的性質、機械的性質あるいは耐久性について満足するものは得られていない。例えばアクリル樹脂はすぐれた中性子遮蔽材料であるものの、傷がつきやすく透過率もガラスに比して劣っている。さらに、高放射線環境下に於いては放射線による着色が避けることのできない問題であり、ユーザーは比較的短期間での交換を余儀なくされている。これらの性質を満足する透明性に優れた中性子遮蔽ガラスとしては、特開平7-138044に、重量％にて、SiO₂を55～70％、Al₂O₃を3～15％、Li₂Oを10～20％、B₂O₃を5～15％、およびCaO+MgOを1～4％含有してなるガラスからなることを特徴とする透明中性子遮蔽ガラスが示されている。

【0004】 鉛含有放射線遮蔽ガラスとしては、従来の

10

20

30

40

50

高鉛含有ガラスでは十分に遮蔽することのできなかった中性子線も同時に遮蔽し、かつ放射線照射による着色を防止する等の目的で種々の研究がなされ、その成果が示されている。例えば、特開平2-212331には、重量％にて、SiO₂を40～60％、PbOを25～45％、CeO₂を1.5～2％、Na₂Oを4.5～12％、K₂Oを2～9％、B₂O₃を0～5％、BaOを0～10％含有し、Na₂O/(Na₂O+K₂O)が0.5～0.8からなる放射線遮蔽ガラスが示されている。また、特公平5-30776には、重量％にて、SiO₂を35～56％、PbOを24～46％、Li₂Oを0～2.5％、Na₂Oを0～4％、K₂Oを7～21％、Cs₂Oを0～5％、ただし(Na₂O+K₂O+Cs₂O)が12～21％、CeO₂を0.5～2.5％、CuOを0～0.05％、Fe₂O₃を0～0.05％含有のガラス系において、該ガラス系はMgO、CaO、SrO、BaO、ZnOおよびCdOを含まず、かつSiO₂が少なくとも35％含まれることを条件にB₂O₃およびGd₂O₃で置換されてなり、高（エネルギー）放射線による耐放電性の許容線量が5×10⁸（rad）を越えることを特徴とするγ線、X線および中性子線を吸収する放射線遮断ガラスが示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記の鉛含有放射線遮蔽ガラスは、目的とする性質を得るためにPbOの含有量が比較的低くおさえられており、従来の更に多量のPbOを含有量する放射線遮蔽ガラスと比較すると、その電磁波、荷電粒子に対する遮蔽能力は劣っている。

【0006】 また、前記の透明中性子遮蔽ガラスはPbOの含有量が低く抑えられているために、Li₂O、B₂O₃、Gd₂O₃等により中性子を吸収した場合に生じる二次γ線を自己吸収する能力が低い。このために、二次γ線を遮蔽材料外へ放出してしまうという問題点がある。中性子遮蔽材料が樹脂の場合は、この現象は更に著しい。

【0007】 従って、現在一般に使用されている透明な放射線遮蔽材料は、電磁波、荷電粒子、中性子の全ての放射線に対して満足する遮蔽能力を併せ持つ材料はなく、電磁波、荷電粒子、中性子が共存する環境下における遮蔽を行うためには複数の材料を組み合わせる必要がある。本発明は、このような従来の放射線遮蔽ガラスの諸問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、X線、γ線等の電磁波、及びα線、β線等の荷電粒子に対する高い遮蔽能力を維持しつつ、さらにに中性子を遮蔽することを特徴とする放射線遮蔽ガラスを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、上記目的を達成するために鋭意研究を重ねた結果、SiO₂、Pb

3
O、Gd₂O₃、アルカリ金属酸化物を必須成分とするガラス組成が、所定の組成範囲内において所望の電磁波、荷電粒子および中性子に対する遮蔽能力を実現でき、放射線の遮蔽を必要とする光学機器に光学ガラスとしても使用できる高品質なガラスが容易に得られることを見出し、本発明を成すに至った。すなわち、本発明は、少なくとも、重量比（以下wt%）で、

SiO ₂	16	～	46	wt%
PbO	47	～	75	wt%
Gd ₂ O ₃	1	～	10	wt%
Li ₂ O	0	～	3	wt%
Na ₂ O	0	～	7	wt%
K ₂ O	0	～	7	wt%
但し、Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	1	～	10	wt%
B ₂ O ₃	0	～	10	wt%
CeO ₂	0	～	3	wt%
As ₂ O ₃	0	～	1	wt%
Sb ₂ O ₃	0	～	1	wt%

を含有し、電磁波、荷電粒子および中性子を遮蔽することを特徴とする放射線遮蔽ガラスを提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】電磁波及び荷電粒子は電荷密度の高い元素との相互作用があるとエネルギーを放出し、減衰するという特性がある。従って、電磁波及び荷電粒子を遮蔽するためにはガラス中に電荷密度の高い元素を含有させる必要がある。例えばPbが挙げられる。中性子が他の放射線と最も異なる点は電荷を持たない点である。中性子と物質との相互作用は、電磁波及び荷電粒子と物質との相互作用の要因であるクーロンの、電離的相互作用がなく、原子核との直接の相互作用が支配的である。このため、中性子は物質を透過しやすく、遮断の基本的考え方も他の放射線とは異なってくる。

【0010】従って、中性子を遮蔽するためには、中性子とガラス中の原子核との弾性散乱、非弾性散乱、放射捕獲などの反応による相互作用をおこさせる必要がある。そのためには、散乱の確率の高い元素や反応断面積の大きな元素（例えばH、6-Li、10-B、155-Gd、157-Gd）をガラス中に含有させなければならない。

【0011】これらのことより、電磁波、荷電粒子および中性子のすべてを効率よく遮蔽する透明な材料を得るためには、それぞれの放射線種の遮蔽に有効な元素を高い割合で含有し、かつ透明性、化学的安定性、機械的強度、耐久性、量産性など、ガラスの特質を失わない組成を見い出すことが必要である。本発明の組成範囲は、実験化学的に見い出されたものであり、組成範囲限定の理

由は次の通りである。

【0012】SiO₂はガラス形成酸化物であり失透に対する安定性を向上させ、ガラスの化学的耐久性を良好させるが、16wt%未満では十分な効果が得られず、46wt%を越えると未溶物が生じ易くなり、熔融温度を上昇させ、放射線遮蔽に用いる成分の含有率が小さくなる。PbOはガラスの比重を大きくし、電磁波、荷電粒子に対する遮蔽能力を向上させるが、47wt%未満ではその効果が十分ではなく、75wt%を越えるとガラスに著しい着色が見られる。

【0013】Gd₂O₃は本発明における必須成分であり、ガラスの化学的耐久性を向上させ、効率よく熱中性子を吸収する成分であるが、1wt%未満ではその効果が十分ではなく、10wt%を越えるとガラスの失透に対する安定性が悪化する。また、熱中性子をより効率よく吸収するためには、Gdの一部が同位体濃縮された155-Gd、157-Gdであることが望ましい。

【0014】Li₂Oはガラスの熔融性を向上させ、効率よく熱中性子および高速中性子を吸収する成分であるが、3wt%を越えるとガラスの化学的耐久性、失透に対する安定性が悪化する。また、熱中性子および高速中性子をより効率よく吸収するためには、Liの一部が同位体濃縮された6-Liであることが望ましい。Na₂OおよびK₂Oはガラスの熔融性、失透に対する安定性を向上させるが、7wt%を越えると逆にガラスの失透に対する安定性が悪化し、化学的耐久性も悪くする。

【0015】但し、Li₂O、Na₂O、K₂Oの合計量として、1wt%未満ではガラスの失透に対する安定性、熔融性が悪く、10.0wt%を越えると、化学的耐久性および失透に対する安定性が悪化する。B₂O₃はガラスの熔融性、失透に対する安定性を向上させ、効率よく熱中性子を吸収する成分であるが、10wt%を越えると化学的耐久性が悪化する。また、熱中性子をより効率よく吸収するためには、Bの一部が同位体濃縮された10-Bであることが望ましい。

【0016】CeO₂は放射線照射によるガラスの着色を低減させる成分であるが、3wt%以下の添加量で十分な効果を得ることができる。As₂O₃およびSb₂O₃はガラス中の泡を除去するために添加する成分であるが1wt%以下の添加量で十分な効果を得ることができる。

【0017】

【実施例】次に、本発明に係る実施組成例（数値はwt%）と、比重と、放射線遮蔽能力とを表1に示す。

【0018】

【表1】

5

6

	従来品 1	従来品 2	従来品 3	1	2	3	4	5	6
S i O ₂	27.10	68.70	44.85	43.00	39.70	34.45	26.49	26.14	16.08
P b O	71.00	0.00	33.05	47.00	47.00	52.58	66.23	68.73	71.15
G d ₂ O ₃	0.00	0.00	2.00	1.00	1.20	9.07	5.68	2.90	1.95
L i ₂ O	0.00	0.00	0.30	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N a ₂ O	0.00	8.70	0.00	0.00	6.20	0.91	0.00	0.00	1.75
K ₂ O	1.50	8.10	17.80	6.50	2.50	2.27	1.61	1.45	0.00
L i ₂ O+N a ₂ O+K ₂ O	1.50	16.80	0.00	9.00	8.70	3.17	1.61	1.45	1.75
B ₂ O ₃	0.00	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.09
C e O ₂	0.00	2.50	1.80	0.00	3.00	0.73	0.00	0.00	0.00
A s ₂ O ₃	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00
S b ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.97
比重	5.18	2.52	3.33	3.72	3.85	4.50	5.37	5.58	5.49
中性子遮蔽能力	2	8	4	5	5	9	6	4	7
光子遮蔽能力	9	2	4	5	6	7	8	10	9

【0019】ガラスの比重は、アルキメデス法により測定を行い、放射線遮蔽能力は、後で述べる計算コードANISN-JRを用いて計算した中性子および光子（電磁波）の線量当量率の結果に基づいて、相対的に遮蔽能力を1～10にクラス分けしたものであり、大きい値ほど高い遮蔽能力を示す。本発明に係るガラスは、サンプルNO. 1～6の各成分の原料として各々相当する酸化物、炭酸塩、硝酸塩等を使用し、所望の割合に秤量し、粉末で十分に混合して調合原料と成し、これを例えば900～1300℃に加熱された電気炉中の白金坩堝に投入し、熔融清澄後、攪拌均質化して予め加熱された鉄製の鋳型に鋳込み、徐冷して製造した。

【0020】また、本発明にかかるガラスと比較するた＊

遮蔽計算コード：ANISN-JR
核データライブラリ：RADHEATを用いてJENDL、ENDF/B
およびPOPOP4より編集
エネルギー群数：中性子100群、光子（電磁波）18群
線源スペクトル：中性子 0.001～4.00MeVに均等な中性子数
：光子（電磁波）0.4～4.00MeVに均等な光子（電
磁波）数
線量当量変換係数：ICRPのPublication51による

ANISN-JRは米国オークリッジ国立研究所が開発し、日本原子力研究所が改訂した遮蔽計算コードであり、原子力施設、設備等の遮蔽設計に広く用いられている。RADHEATは日本原子力研究所が作成した、核データライブラリ編集用コードであり、JENDL、ENDF/BおよびPOPOP4も広く用いられているライブラリである。

【0022】上記計算により求められた線源からの距離と中性子及び光子（電磁波）による相対線量当量率との関係を示したグラフをそれぞれ図1、図2に示す。計算結果は2次光子（電磁波）も含むものである。なお、縦軸の値、1.0E+0のE以下の符号を含む数字は乗数であり、この場合は1.0×10⁰である。図1により

＊めに、従来の透明な放射線遮蔽ガラスを用いた。従来品1は、多量のPbOを含んだ電磁波、荷電粒子を遮蔽することを目的とした放射線遮蔽ガラスであり、従来品2は、中性子の遮蔽を目的とした放射線遮蔽ガラスであり、従来品3は、電磁波、荷電粒子、中性子を同時に遮蔽することを目的とした放射線遮蔽ガラスである。

【0021】放射線遮蔽能力については、それぞれ中性子、光子（電磁波）が存在する特定の環境条件を仮定し、厚さ30cmのサンプルNO. 1～6及び従来品1～3のガラスを設置した場合（図3）の放射線の線量当量率を、計算コードANISN-JRを用いて計算した。計算に関する諸条件は以下に示す通りである。

中性子の減衰の様子がわかるが、サンプルNO. 1～6は、従来の電磁波、荷電粒子遮蔽ガラス（従来品1）、中性子、電磁波、荷電粒子遮蔽ガラス（従来品3）に比べて中性子の減衰が明らかに大きい、即ち遮蔽能力が高いことが明確である。また、従来の中性子遮蔽ガラス（従来品2）に比べても遜色のない減衰を示しており、遮蔽能力としては十分である。

【0023】一方、図2により光子（電磁波）の減衰の様子がわかるが、サンプルNO. 1～6は、従来の中性子遮蔽ガラス（従来品2）、中性子、電磁波、荷電粒子遮蔽ガラス（従来品3）に比べて光子（電磁波）の減衰が明らかに大きい、即ち遮蔽能力が高いことが明確である。また、従来の電磁波、荷電粒子遮蔽ガラス（従来品

1) に比べて遜色ない減衰を示しており、遮蔽能力としては十分である。

【0024】 サンプルNO. 1～6のガラスは中性子、光子（電磁波）に対して大きな遮蔽効果を有するので、中性子、電磁波、荷電粒子の存在する環境に於いて放射線を非常に効率的に遮蔽することができる。例えば、遮蔽ガラスを用いて規定の線量当量まで放射線を低減させる必要がある場合、本発明に係るガラスを用いると、ガラス厚を従来よりも薄くすることができる。また、従来のガラスを用いた場合に、中性子、電磁波、荷電粒子を遮蔽するためには、中性子遮蔽ガラスと、電磁波、荷電粒子遮蔽ガラスを組み合わせる必要があったが、本発明に係るガラスを用いればその必要もなくなる。

【0025】

【発明の効果】 本発明に係るガラスは電磁波、荷電粒子、中性子を同時に遮蔽することが可能なため、電磁波、荷電粒子、中性子の共存する環境下において、従来よりも薄く、かつ少ないガラスの構成枚数で放射線遮蔽窓を設計・製作することが可能となる。これにより、放射線遮蔽窓等の設計の自由度が飛躍的に拡大するだけで

なく、視野、透過率等をはじめとする放射線遮蔽窓の性能を向上することができる。現実的には中性子が存在する環境下には、同時に電磁波、荷電粒子も存在することが一般的であり、本実施例のように中性子、電磁波、荷電粒子に対する遮蔽能力を兼ね備えたガラスは有用である。しかも、本発明による放射線遮蔽ガラスは、光学ガラスとして十分に使用できる光学的性質、内部品質を持つガラスが容易に得られるため、ペリスコープ等の放射線を遮蔽する必要のある光学機器にも非常に有効に用いることができる。

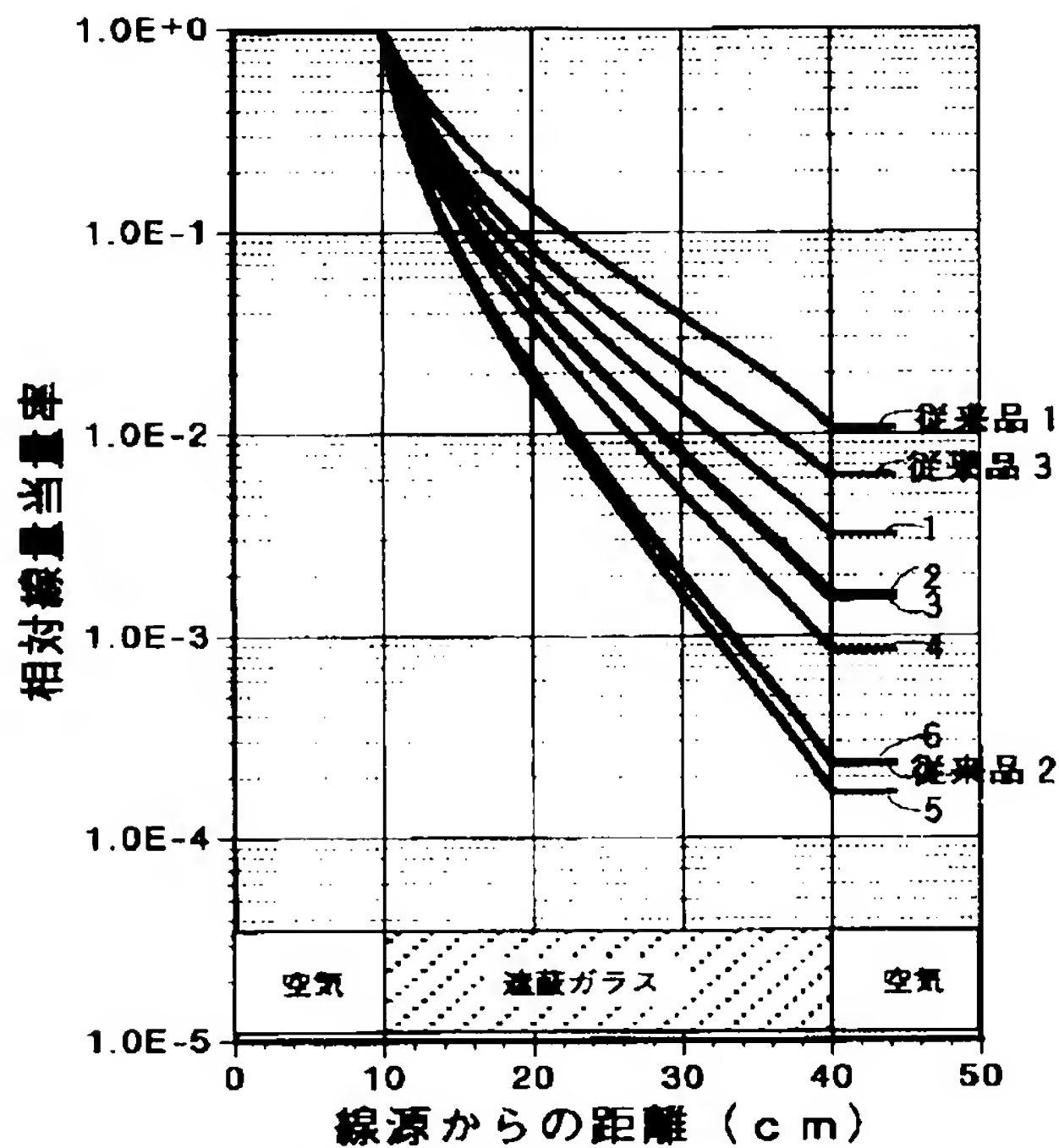
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る遮蔽ガラスの線源からの距離と、中性子の相対線量当量率の関係を示したグラフである。

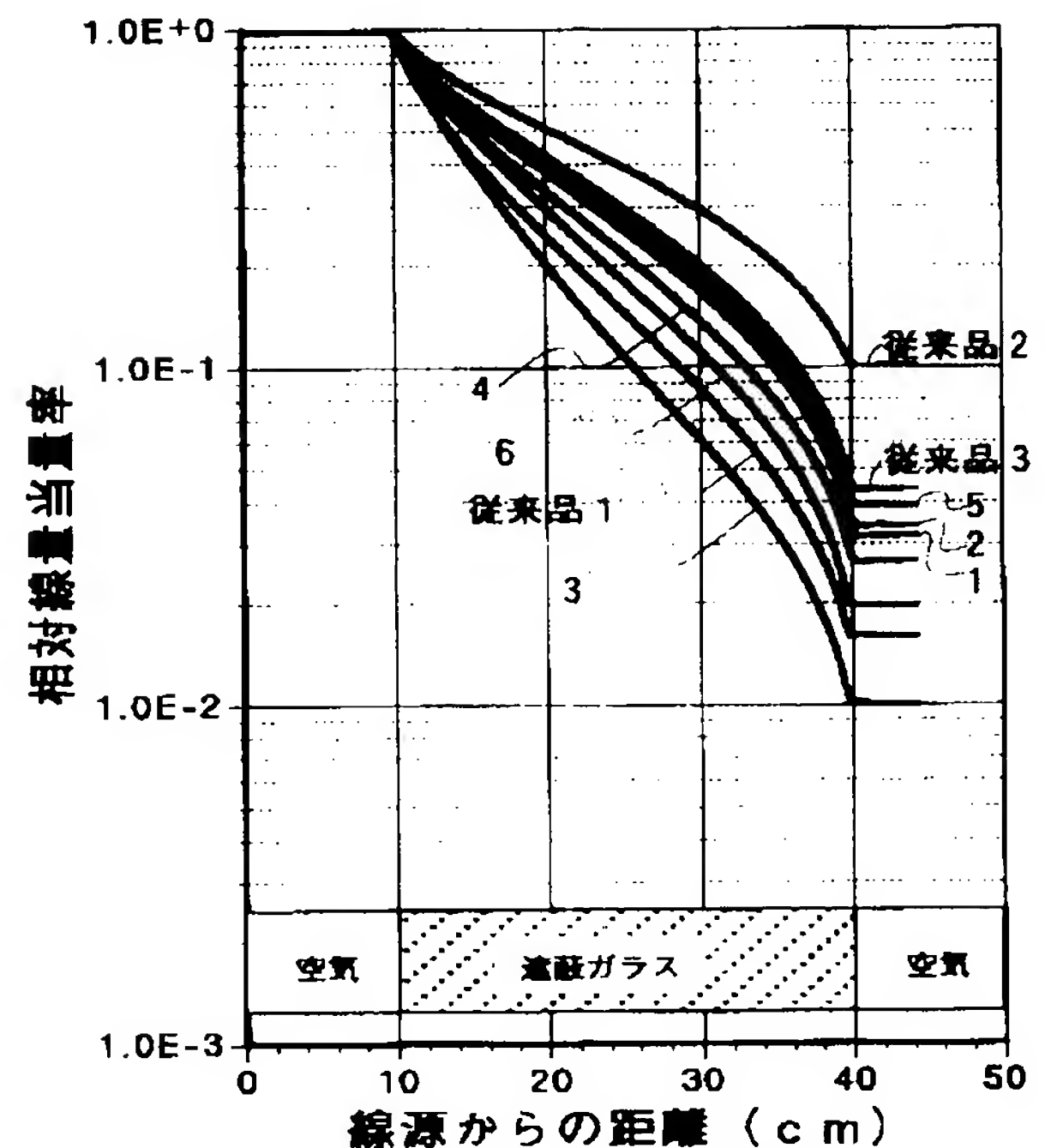
【図2】 本発明に係る遮蔽ガラスの線源からの距離と、光子（電磁波）の相対線量当量率の関係を示したグラフである。

【図3】 本発明で使用した平板体系によるANISN計算モデルを示す図である。

【図1】



【図2】



【図3】

